

仿真测试系统的实现方法研究*

曾庆华 张育林 刘昆

(国防科技大学航天技术系 长沙 410073)

摘要 本文主要讨论了仿真测试系统构造的必要性, 硬件实现与软件实现的主要方法和实用技术。并介绍了一个实际仿真测试系统的实现与应用情况。

关键词 仿真 测试 靶场试验

分类号 V553.2 TP241

The Method of the Simulate and Test System s Realization

Zeng Qinghua Zhang Yulin Liu Kun

(Department of Aerospace Technology, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract This paper explored the role and structure of the simulate and test system and prime technology & method, and also proposed the simulate & test system s hardware and software structure frame. The simulate & test system s realizing method and application were accounted by an actual sample in this paper.

Key words simulation, test, site test

在航空、航天及工业生产各个领域, 控制系统的应用越来越广泛, 功能越来越强大, 复杂程度也越来越高, 这就对系统设计、调试及维护工作提出了更高要求。在飞行器的发射及其鉴定试验中, 靶场试验前后的地面试验受到人们的广泛关注; 利用仿真的技术手段构造地面飞行试验环境, 利用靶场试验的实物设备优势, 进行半实物的测试试验, 将仿真技术和测试技术相结合, 构造出仿真测试系统, 即可以为飞行器试验提供一个良好的地面仿真性的调试、维护环境, 从而减少实弹靶试次数, 为系统的鉴定验收提供重要的技术数据。

仿真测试系统主要应解决好两个问题: 一是利用仿真手段, 模拟出系统中控制对象的各种变化规律, 以便系统能够在—个模拟的“真实”环境中运行; 二是利用测试手段, 对系统运行过程中的各种关键参数进行检测, 以便进行实时或事后的分析, 对系统的各项技术指标作出结论性意见, 或者为系统的故障诊断提供帮助。

1 仿真测试系统的硬件实现

在仿真测试系统中应完成如下几个基本功能:

- 试验对象“真实运行环境”信号的产生;
- 试验对象模拟运行时的信号测试;
- 试验结果的分析与综合;

为完成这几个基本功能, 从仿真测试系统的总体构成来看, 它可由行为产生器、行为连接器和行为分析器三大部分来实现。行为产生器是仿真测试系统的核心部件, 它的作用主要是模拟系统的各种

* 1997年12月30日收稿

第一作者: 曾庆华, 男, 1966年生, 讲师

变化规律,产生对象的行为动作或行为轨迹。运行时它将接收仿真用户输入的控制命令和行为连接器的部分数据,然后根据系统的数学模型进行仿真解算,模拟系统的动态变化参数。行为连接器包括行为加载器和行为记录器两部分,主要完成与系统测试对象的信号交联工作,包括硬件线路的接口和信号的软件处理等。行为加载器负责仿真测试系统的模拟、数字等输出类信号,行为记录器负责仿真测试系统的模拟、数字等输入类信号。行为分析器主要完成仿真测试系统的实时分析和事后分析工作,它可以对行为产生器和行为记录器输出的各种参数进行数据和图形分析,以便对控制系统的技术参数进行全面综合分析,得出一些有价值的结论。

仿真测试系统在具体的硬件实现上,它的三部分可以集中在一台计算机中,也可以分布在多台计算机上,这要视具体系统的规模大小而定。一般情况下,考虑到试验对象的“运行环境”模型较为复杂,测试接口信号较多,故仿真测试系统由三台以上计算机构成,共同实现行为产生器、行为连接器和行为分析器的功能,而各台计算机之间功能相对独立,信息可以通过计算机高速网进行交换。

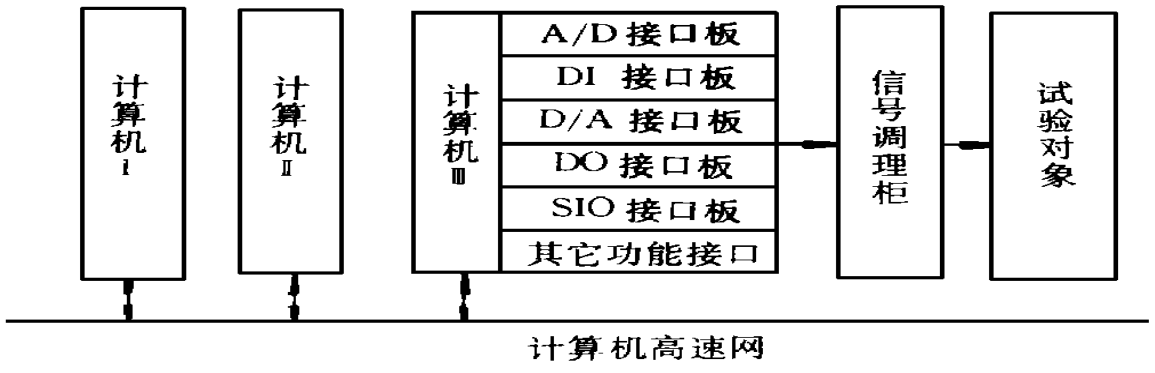


图1 仿真测试系统硬件构成典型框图

图1是一个典型的仿真测试系统实现框图。计算机 I 完成试验对象真实运行环境的信号模拟,作为系统的仿真主机,实现行为产生的功能。计算机 II 上扩展 A/D、D/A、DIO、SIO 等接口电路板,然后通过信号调理接口柜与试验对象接口,作为系统的接口控制机,实现行为连接的功能。计算机 III 完成信号记录与分析功能,作为系统的实时和事后分析工作站,实现行为分析的功能。

2 仿真测试系统的软件实现

仿真测试系统是充分利用仿真技术手段的综合测试系统。在软件实现上既有仿真软件的特点,又有测试软件的特点。从软件功能来划分,它主要包括仿真模块、信号处理模块和数据分析模块,在具体实现上要求这些模块具有广泛的适用性和良好的可操作性。这三大模块相辅相成,分配在仿真测试系统的各个分系统中。其软件模块之间的相互关系和内部结构如图2所示。

2.1 仿真模块

该模块主要是处理试验对象运行环境的数学模型,模拟试验对象在真实运行时信号的各种变化规律。由于试验对象变化较大,因此要求为用户提供一种简单方便的数学模型描述形式,形成一个具体对象的系统描述表,通过仿真模块中的翻译子模块将其转换为仿真模型的描述形式,然后通过仿真连接控制子模块将它与仿真测试系统内部的模型处理库连接在一起,动态生成该具体对象的数学模型运行控制子模块。其中系统描述表是连接仿真模块与用户的桥梁,它的构成和处理方法是通用仿真测试系统的关键技术。

系统描述表应对试验对象运行环境数学模型进行抽象,使用户能方便地描述各种不同对象。可采用控制流程与微分方程、代数方程结合,以控制流程为主线的方法来进行系统描述。控制流程列出模型中各个信号的时序关系、逻辑关系,而对于一些复杂模型,利用微分方程和代数方程进行描述。对用户而言,在仿真测试系统使用前要建立对象的模型描述表;对仿真测试系统的软件实现而言,就是

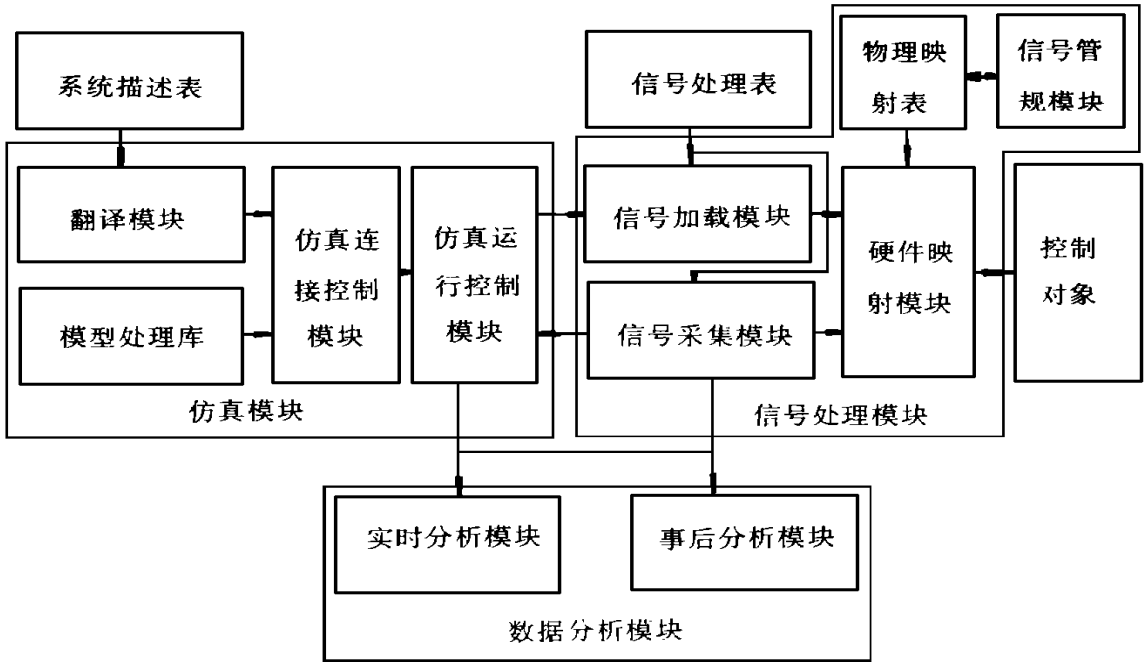


图2 仿真测试系统软件结构框图

要对描述表进行分析、解释，将其转换为仿真模型。如下就是一个具体的系统描述表：

- (1) I101&NI103 ; 输入信号 101 为高且 103 为低，则顺序执行，否则等待
- (2) O204 ; 输出 204 信号 (高电位)
- (3) (I301 <= 100) ; 如模拟信号 301 值小于 100 则跳过下条指令
- (4) G 2 ; 流程转向 2
- (5) $O401'' + 0.5 * O401' + 2 * O401 = I301$; 按照此方程解算，初值见初值文件表
- (6) E ; 结束标记

系统描述表中要用到许多关键字，如 I、NI、O、NO、G、E 等等，它们是在仿真测试系统软件研制前关于系统描述的保留字，在系统描述表中表示特定的含义，如 I 表示输入信号，NO 表示输出信号的反状态等等。

2.2 信号处理模块

该模块利用物理映射表，将信号处理表中定义的仿真信号与测试信号，按要求与具体的控制对象联系起来，并进行软件方面的一些相应处理，如信号管理（完成对物理映射表的管理）、软件滤波、限幅、记盘等。系统中主要涉及到物理映射表和信号处理表两个数据文件，下面分别进行介绍。

物理映射表对信号的信号编号、信号名称、信号代号、接口地址、信号类别、通道号、比例尺、零点、变化上限、变化下限、记录等级等信息进行管理，从而明确每个信号准确的物理含义及其硬件配置情况，通过信号编号将仿真测试系统中的所有信号统一起来。当用户在建立其仿真测试系统时，应将系统信号进行整理后录入该文件，以便程序模块对信号的详细信息访问，建立信号的物理映射关系，而系统中各个模块之间通过信号编号对信号进行输入、输出或运算等基本操作。

信号处理表确定了在仿真测试试验中处理哪些信号及其处理的时刻。具体来说，它要定义信号处理的周期。信号处理周期应为仿真帧周期的整数倍 n ，这项内容放在信号处理表的第一列，后面紧跟加载信号或采集信号的信号编号及其处理帧次，帧次为 $0, \dots, n-1$ 的整数，信号处理时即以 n 帧为一循环，帧次即说明了信号处理的时刻。

2.3 数据分析模块

该模块主要包括实时分析模块和事后分析模块。它们的作用是对仿真运行控制子模块输出的数据

与信号采集子模块的数据进行动态显示、曲线数据分析与综合等操作,以便确定系统的技术性能指标和故障情况。

3 通用仿真测试系统应用实例

我们利用本文介绍的方法构造了一个飞行器靶场试验的仿真测试系统,对某导弹武器系统进行靶试前后的仿真试验研究,以便对其各项战技指标进行综合评价,或帮助系统进行靶试中故障的查找等工作。系统硬件由仿真站、接口控制站、测试站三大部分组成。仿真站从功能上来说,是一个行为产生器,模拟产生武器系统实弹发射时所需的飞行数据,使系统在地面就能工作在一个模拟的飞行环境中;接口控制站从功能上来说,是一个行为连接器,由它将各种仿真信号输出给武器系统的实物部分(试验对象),同时又将武器系统模拟运行时的输出数据采集进仿真测试系统;测试站从功能上来说,是一个行为分析器,由它记录仿真过程中的各种参数数据并进行动态显示与事后分析。每一个子站都是独立的功能模块,其核心部件都是计算机,三者通过高速网连接为一个整体。它们共同完成地面数学仿真、地面半实物仿真、地空测试等任务。使用表明,该仿真测试系统方案设计合理,运行效果良好。

参考文献

- 1 熊光楞. 数字仿真算法与软件. 北京: 宇航出版社, 1991
- 2 郑人杰. 实用软件工程. 北京: 清华大学出版社, 1991